

Lötspitzen & Standzeiten
So erzielen sie auch unter Bleifrei das
Optimum

- ***Inhalt***

- ***Eigenschaften der Lötspitze***

- Aufbau der Lötspitze
- Die Benetzungszone
- Lötspitzenausfälle
- Abnutzungserscheinung der Lötspitze
- Oxidation der Lötspitze
- Die galvanische Eisenschicht
- Einfluss der bleifrei Legierung
- Testmaschine für Standzeittest

- ***Messungen, Tests, Erfahrungen***

- Maßnahme gegen die Abnutzung
- Einfluss der Eisenschicht auf die Lötspitzengeometrie
- Optimale Eisenschicht bei feinen Lötspitzen

- Belastungstest
- Einfluss der Lotlegierung
- Temperatureinfluss
- Lotlegierung und Temperatur
- Mikrolegierte Lot
- Einfluss des Flussmittels Flussmittel
- Reinigung der Lötspitze
- Zubehör

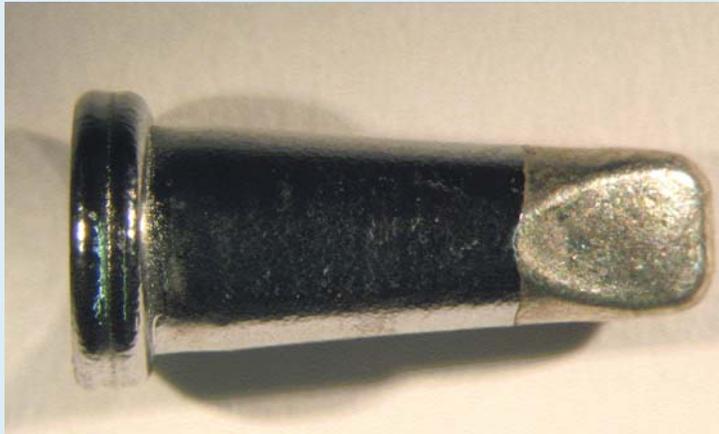
- ***Ergebnisse***

- Testergebnisse
- Hinweise zum Löten
- Zusammenfassung

Lötspitzen

&

Standzeiten

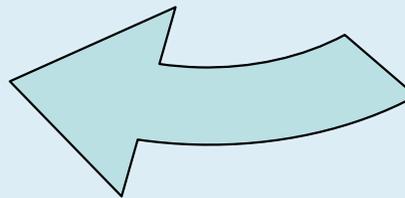


LTC Lötspitze im
Auslieferungszustand

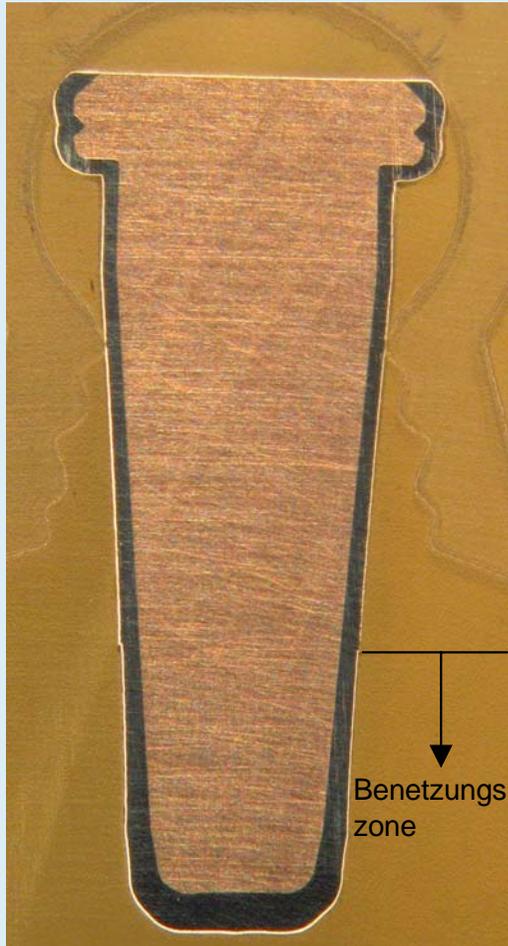
Lötprozess



LTC Lötspitze im
verbrauchten Zustand

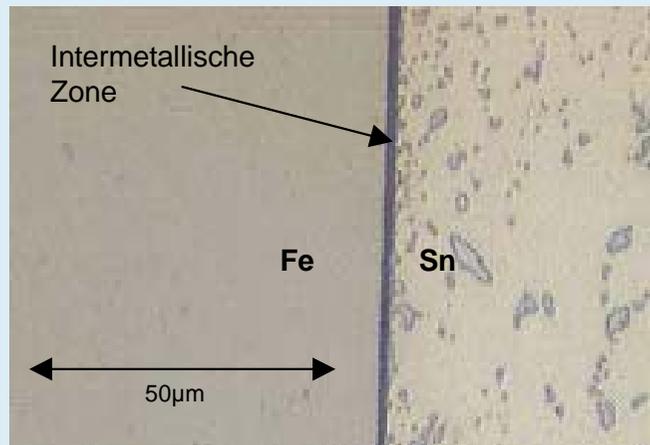
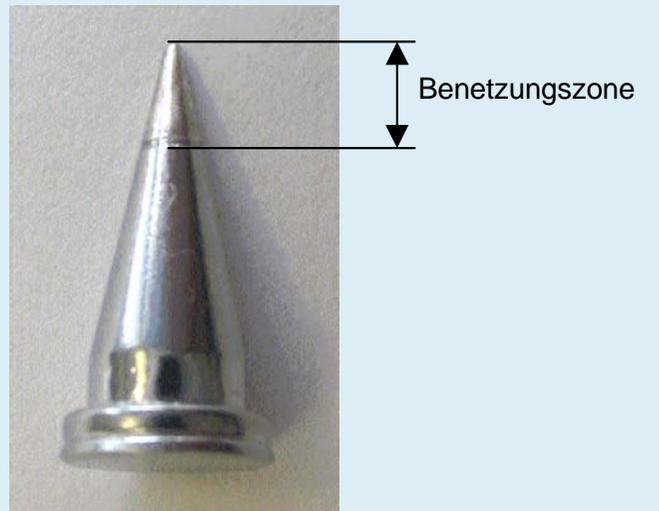


Kundenerfahrung



- **Aufbau der Lötspitze**

- **Kupferkern**
Verantwortlich für die Wärmeleitfähigkeit der Lötspitze.
- **Eisenschicht**
Verantwortlich für die Lebensdauer der Lötspitze.
- **Chromschicht**
Unbenetzbarer Teil der Lötspitze.
Verantwortlich für die Begrenzung der Benetzungszone.
- **Benetzungszone**
Verantwortlich für die Lötbarkeit der Lötspitze.
- **Bleifreie Vorverzinnung**
Verantwortlich für die Benetzungsfähigkeit im Auslieferungszustand.



• **Die Benetzungszone der Lötspitze**

- Die Benetzungszone trägt zur Wärmeübertragung bei.
- Voraussetzung für eine Benetzungszone sind die **intermetallische Verbindungen** zwischen Eisenschicht (Fe) und dem Zinnanteil (Sn) in der Lotlegierung.
- Beim Auftreten einer intermetallischen Verbindung kann man davon ausgehen dass die Lötspitze mit der Lotlegierung eine feste Verbindung eingegangen ist und benetzbar ist.
- Die Anzahl der intermetallischen Verbindungen nimmt mit der Temperatur zu und führt zu höherer Korrosionsrate durch das Flussmittel, höhere Ablegerungsrate und höhere Oxidation.

- ***Lötspitzenausfälle***

- Die Umstellung von bleihaltigem auf bleifreies Lot hat einen wesentlichen Einfluss auf die Lötspitzenstandzeit im Handlötprozess. Der höherer Zinnanteil und der höherer Schmelzpunkt von bleifreien Loten wirken aggressiver auf die Lötspitze ein und verursachen im allgemeinen eine Reduzierung der Standzeit.
- Durch geeignete Maßnahmen kann auch bei Einsatz der Bleifrei Technik eine längere Standzeit erreicht werden.
- Die häufigsten Ausfallursachen für eine Lötspitze sind:
 - **Verbrauchte Lötspitzen**
 - **Unbenetzbare Lötspitzen**



Lötspitze nach 20.000 Lötstellen mit Sn60

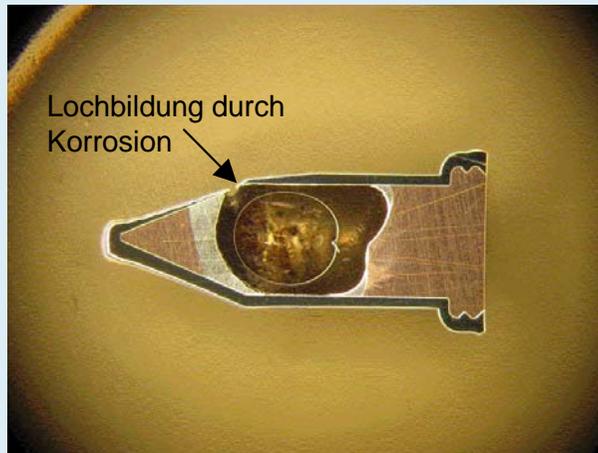


Lötspitze nach 10.000 Lötstellen mit Bleifrei SAC

- **Abnutzung der Lötspitze**
 - Der Kupferkern der Lötspitze ist zum Schutz gegen **Korrosion** durch das Flussmittel und **Migration** durch die Lotlegierung, mit einer Eisenschicht überzogen.
 - Durch einen Zinnanteil von über 95% im bleifreien Lot stellt die Ablegierung (Migration) der Eisenschicht ein neu hinzugekommenes Problem für die Lötspitzenstandzeit dar.
 - Die Korrosionsrate und die Ablegierrate und somit der Abtrag an der Lötspitze ist abhängig von der Legierung und der Temperatur.
 - Mechanische Einflüsse durch kundenspezifische Anwendung tragen zusätzlich zur Abnutzung bei.



Lochbildung LTC Lötspitze



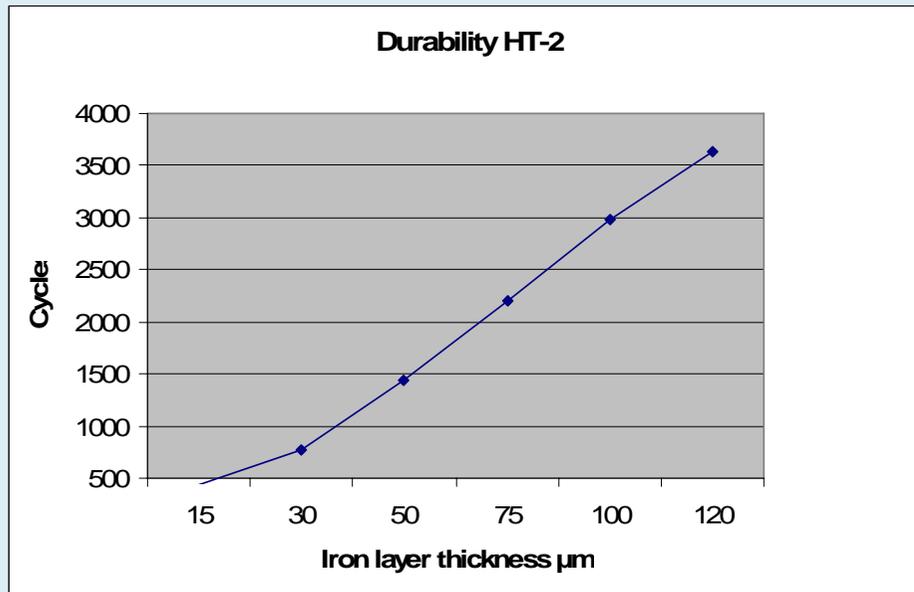
Schliffbild LTC Lötspitze mit
Lochbildung

- Durch den Lötprozess wird jede Lötspitze früher oder später abgenutzt sein. D.h. die Eisenschicht ist aufgebraucht und es ist kein Schutz mehr für den schnell korrodierenden Kupferkern vorhanden.
- Die Standzeit der Lötspitze wird somit durch die Eisenschichtdicke bestimmt.
- Bei abgenutzter Eisenschicht hat die Lötspitze ihre maximale Lebensdauer erreicht. Zu erkennen ist dieser Zustand durch eine Lochbildung im Kupferkern.
- Die Abnutzung der Lötspitze lässt sich so in 3 Bereiche aufteilen.
 - **Chemische Reaktion (Korrosion)**
 - **Metallische Reaktion (Ablegierung)**
 - **Mechanische Belastung**
- Die Lötspitze ist ein Verschleißteil. Verbrauchte Lötspitzen stellen keinen Fehlerzustand dar.



- ***Oxidation der Lötspitze***

- Eine Lötspitze oxidiert unter Sauerstoffatmosphäre und bildet eine Oxidschicht an der Oberfläche.
- Die Oxidschicht ist meist mit dem verwendeten Flussmittel nicht mehr zu durchbrechen und bleibt unbenetzbar.
- Unbenetzbare Lötspitzen haben eine wesentlich schlechtere Wärmeübertragung.
- Das Oxidationsrisiko steigt mit steigender Temperatur (450°C < 1min).
- Eine mit Lötzinn benetzte Lötspitze verhindert die Sauerstoffzufuhr an der Benetzungsfläche und verhindert die Oxidation.
- Das Oxidationsrisiko kann durch eine entsprechende Lötspitzenpflege erheblich reduziert werden. (Temperatur, Reinigung, Setbackfunktion, Tip Aktivator).



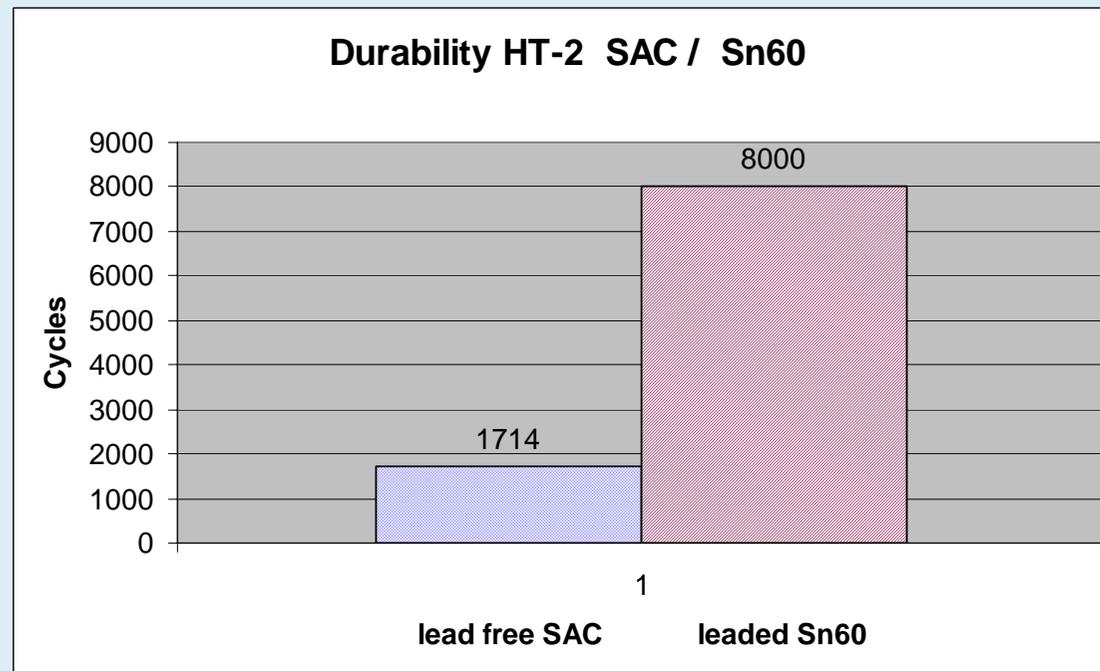
Lebensdauertest einer HT2 Lötspitze mit SnAgCu (SAC)
Lotlegierung. Lötspitzentemperatur 385°C

• Die Eisenschicht der Lötspitze

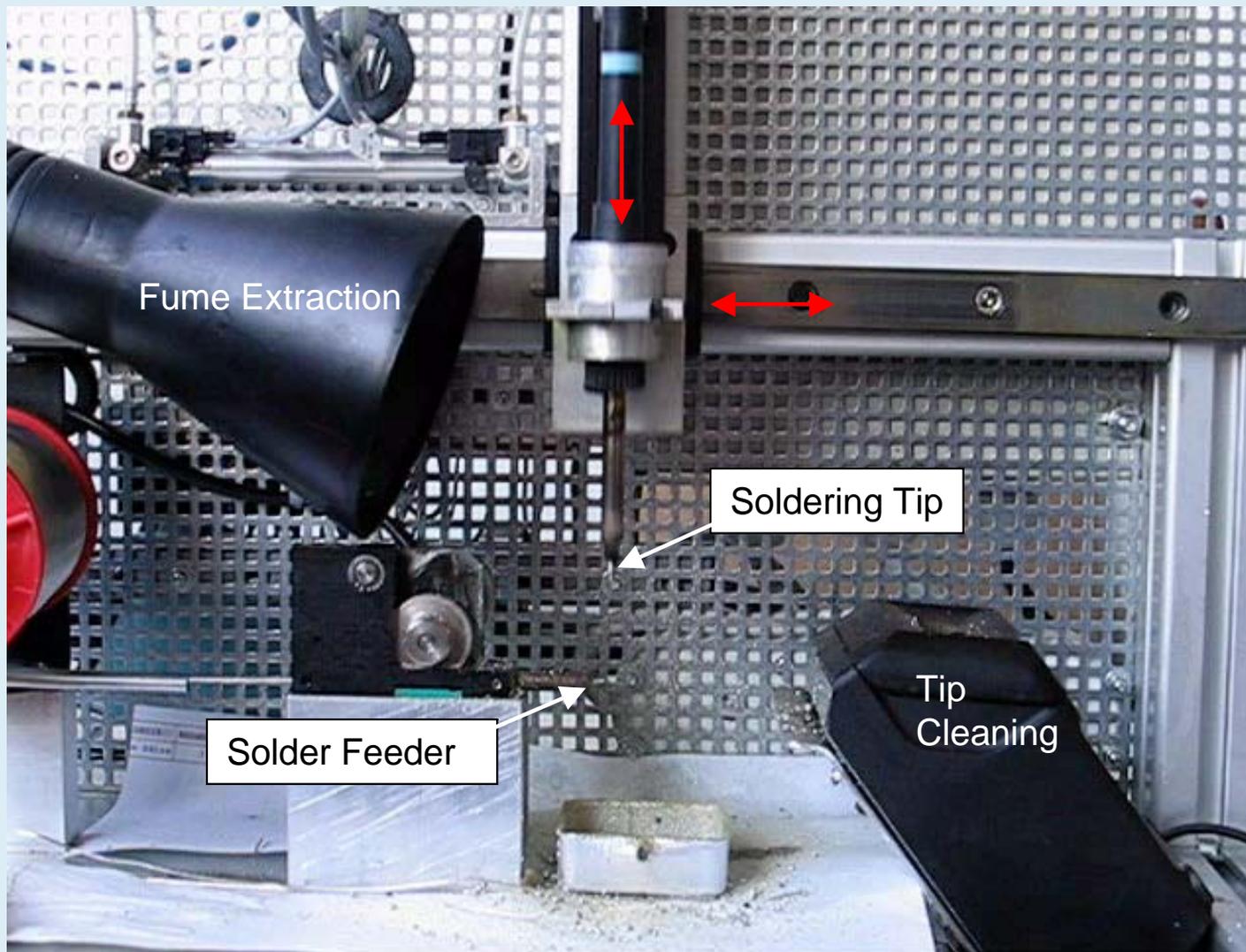
- Die Eisenschicht wird galvanisch auf den Kupferkern aufgebracht und weist eine Schichtdicke von 150µm bis 400µm auf, abhängig von der Lötspitzengeometrie.
- Die galvanische Behandlung der Lötspitze stellt einen technisch sehr aufwendigen Prozess bei der Lötspitzenherstellung dar.
- Es besteht ein **linearer Zusammenhang** zwischen der Eisenschichtdicke und der Standzeit der Lötspitze.
- Die Eisenschicht hat drei wesentliche Eigenschaften.
 - **Schutz vor Verschleiß**
 - **Gute Benetzbarkeit**
 - **Spez. Wärmeleitfähigkeit 5mal schlechter als Kupfer. (Nachteil)**

- ***Einfluss der bleifrei Legierung auf die Standzeit der Lötspitze***

- Vergleich Sn95,8Ag3,5Cu0,7 mit Sn60Pb
- Die Abnutzung der Lötspitze ist 4-5 mal höher bei der Verwendung einer bleifreien SAC Legierung.



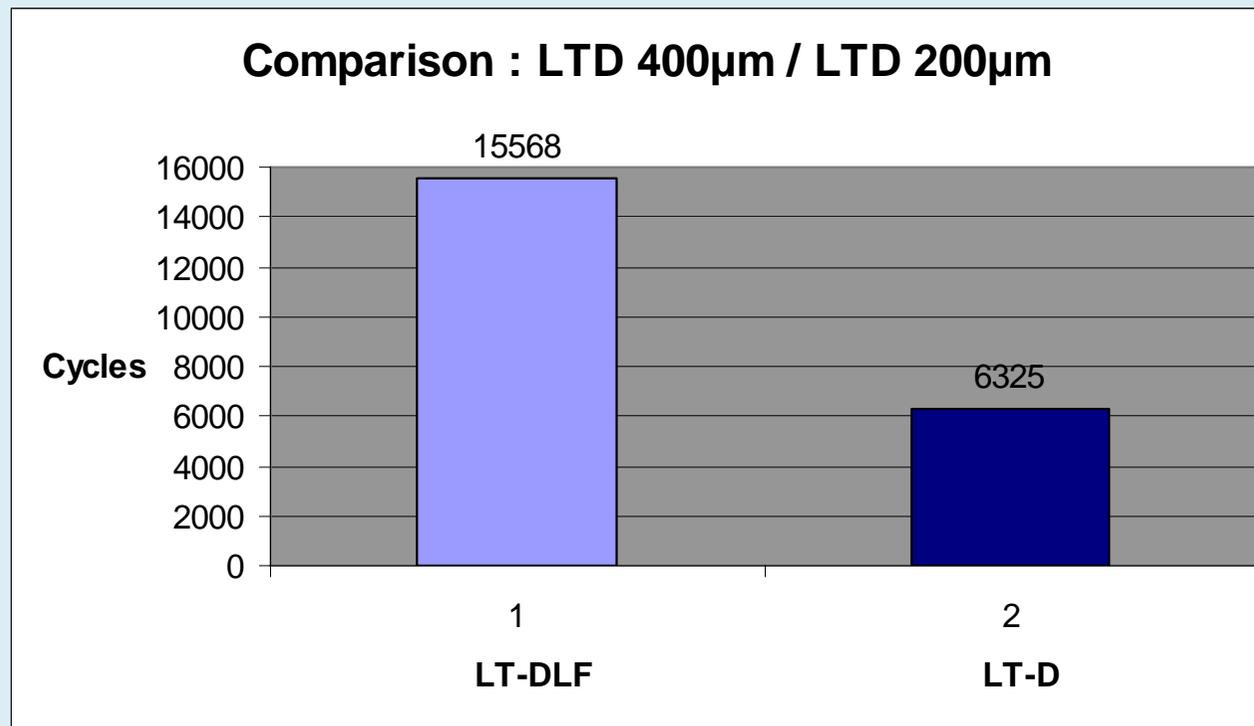
• *Testmaschine zur Ermittlung von Lötspitzenstandzeiten*

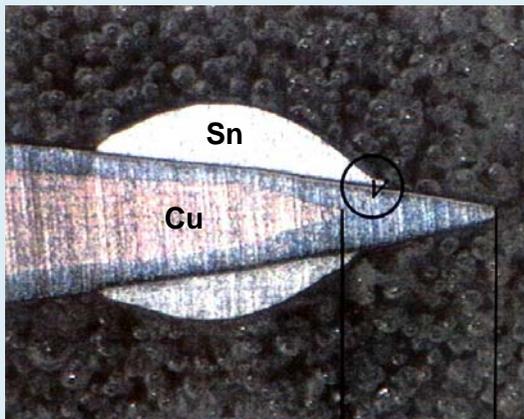
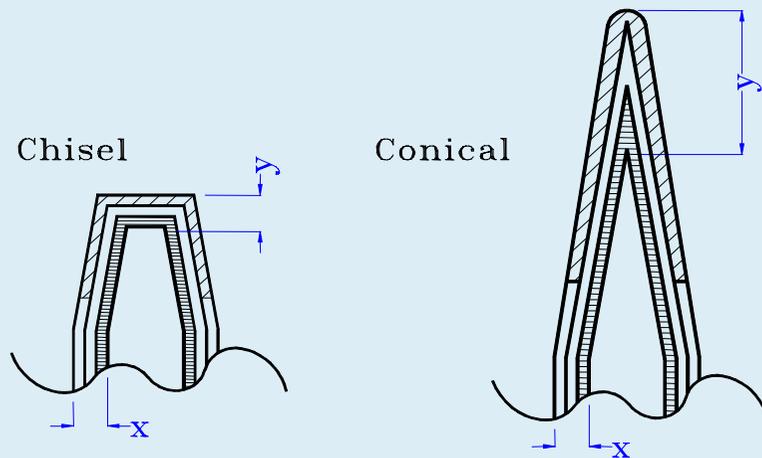


- Testmaschine vermeidet Langzeitversuche bei Kunden.
- Einstellbare Parameter:
Vorschubzeit Lötzinn
Vorschubgeschwindigkeit
Verweilzeit
Reinigungszeit
- Die Testmaschine liefert zuverlässige und reproduzierbare Werte die sich mit den Erfahrungen bei Kunden decken.

- ***Erhöhung der Eisenschichtdicke als Maßnahme gegen die erhöhte Abnutzung der Lötspitze.***

- Mit der Umstellung auf bleifreies wurde die Eisenschichtdicke der Lötspitzen von auf ein optimales Maß erhöht hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit und Standzeit.





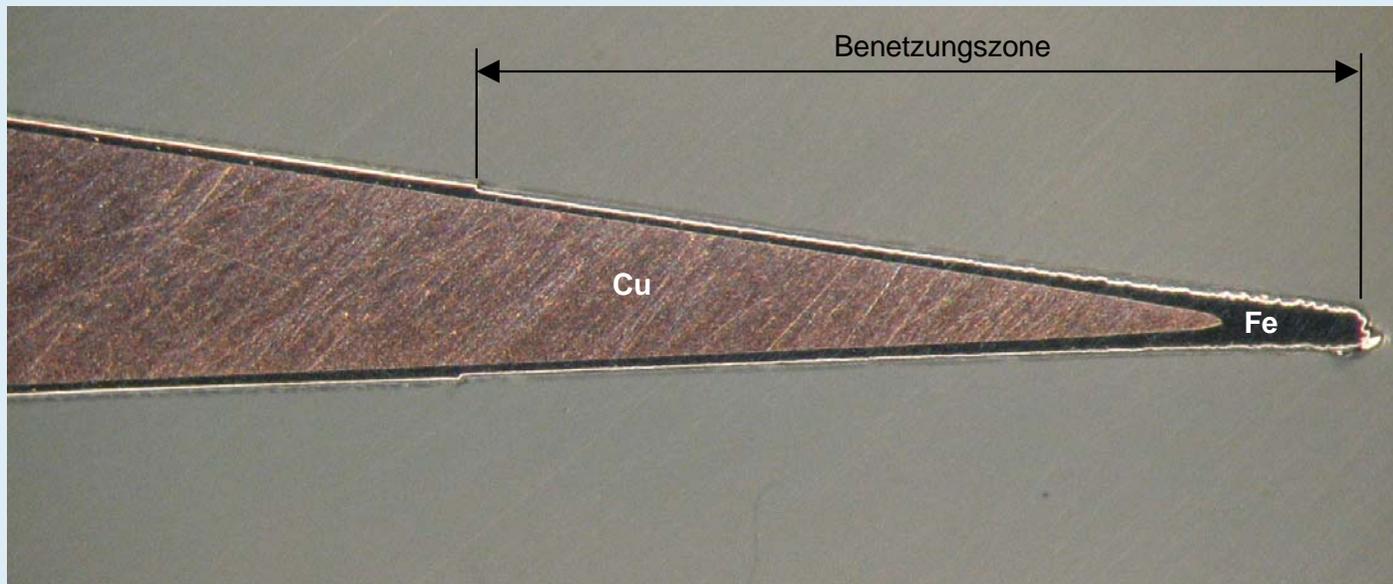
Aufschliff LT1S

• ***Einfluss der Eisenschicht auf die Lötspitzengeometrie***

- Die Eisenschichtdicke ist der Lötspitzengeometrie angepasst.
- Eine dicke Eisenschicht reduziert die Wärmeleitfähigkeit und wirkt sich im besonderen Maße bei feinen, konischen Lötspitzen aus.
- Konische Lötspitzen weisen geometrisch bedingt eine geringere Kupfermasse am vorderen Ende auf, zudem bildet sich innerhalb der Benetzungszone die Eisenschicht zunehmend zu einer reinen Eisenspitze aus.
- Die maximale Eisenschichtdicke bei feinen Lötspitzen ist daher physikalisch begrenzt und beträgt ca. 150µm. Höhere Eisenschichtdicken schränken die Leistungsfähigkeit der Lötspitze in zu hohem Maß ein.

- ***Ideale Auslegung der Eisenschichtdicke bei feinen Lötspitzen.***

- Eine max. Eisenschichtdicke von $150\mu\text{m} +50\mu\text{m}$ gewährleistet eine optimale Wärmeübertragung an der Benetzungszone, wo gute Wärmeübertragung gefordert ist.

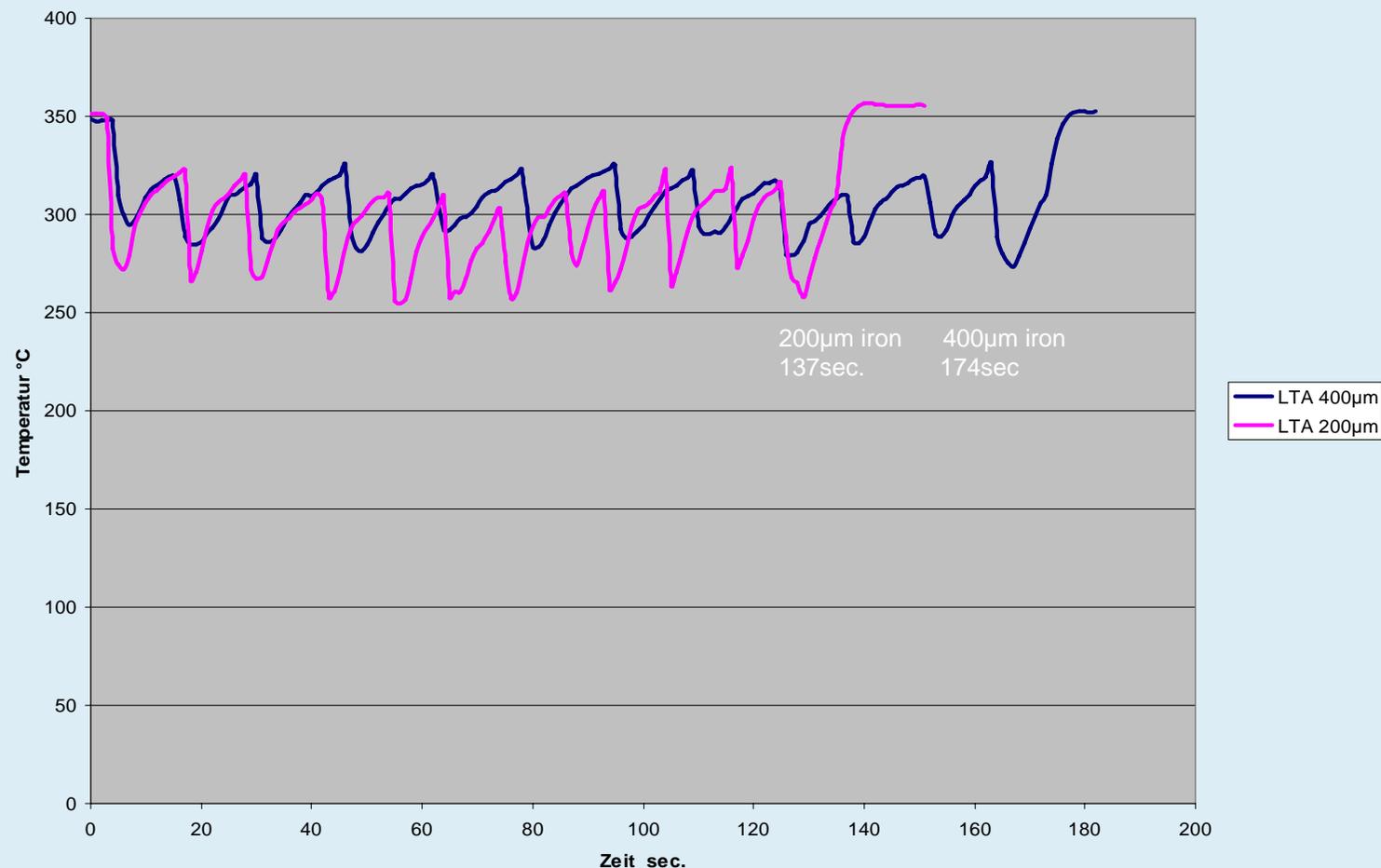


Aufschliff LT1S 150 μm Fe

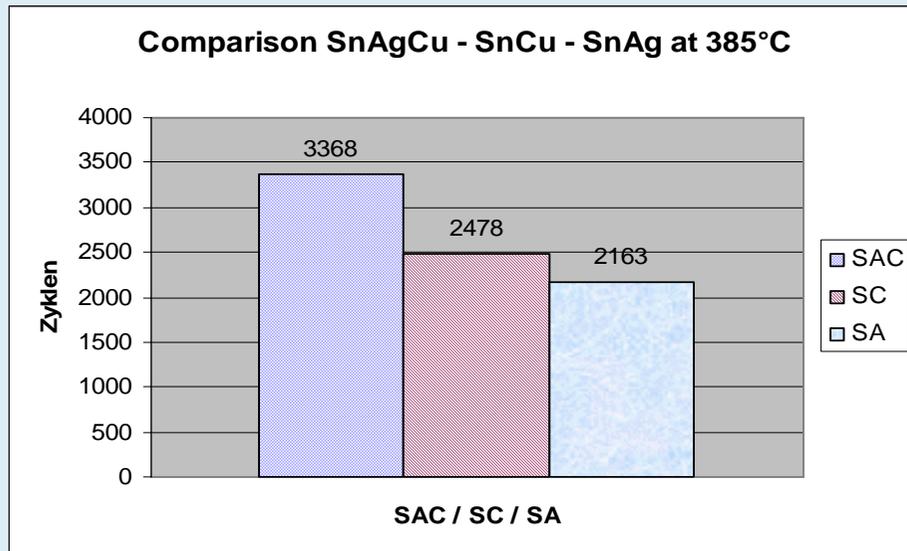
- ***Einfluss der Eisenschicht auf die Leistungsfähigkeit***

- Belastungstest einer LTA Lötspitze mit 200µm Fe im Vergleich zu 400µm Fe

Vergleich LTA standard / LTA LF



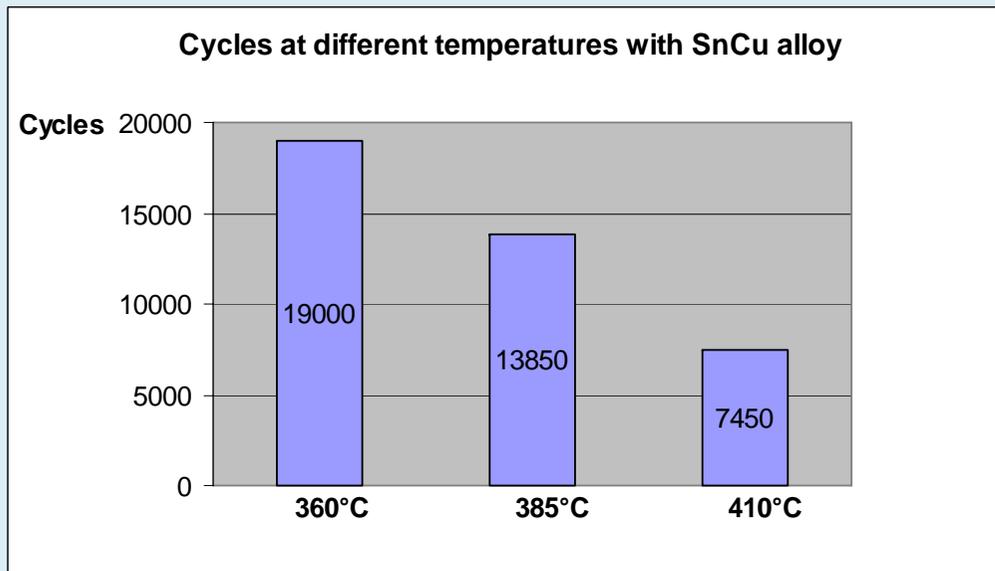
- ***Einfluss der verwendeten Lotlegierung auf die Lötspitzenstandzeit***



HT2 Lötspitze / 385°C

- Die Abnutzung der Lötspitze ist hängt auch von der Auswahl der bleifreien Lotlegierung ab.
- Es wurden 3 Legierungen untersucht:
 - Sn95,8Ag3,5Cu0,7 (SAC)
 - Sn99,3Cu0,7 (SC)
 - Sn96,5Ag3,5 (SA)
- Im Vergleich zu einer SAC Legierung verringert sich die Standzeit bei der Verwendung einer SC- oder SA-Legierung um
 - - 25% SC
 - - 35% SA

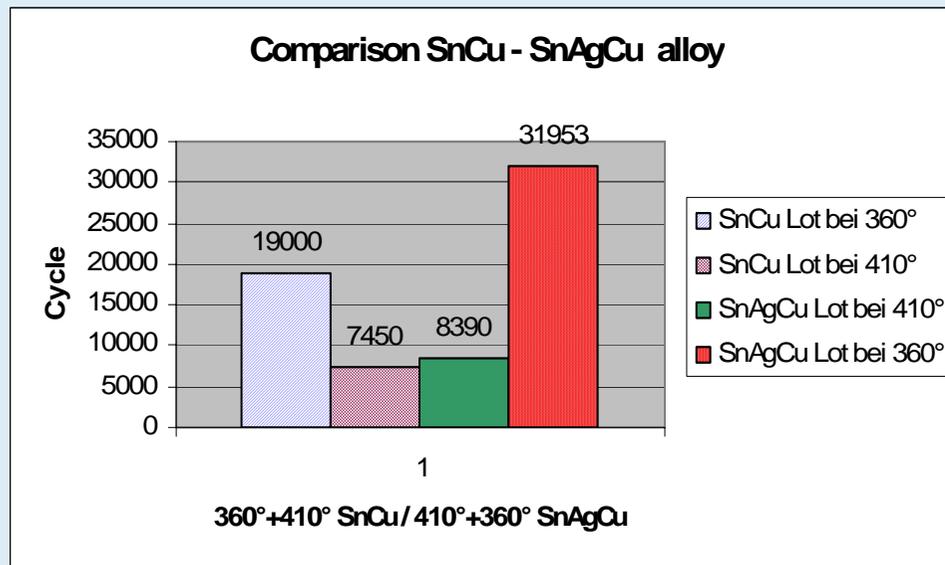
- ***Einfluss der Temperatur auf die Lötspitzenstandzeit***



- Die Lötspitzentemperatur hat einen wesentlichen Einfluss auf die Lötspitzenstandzeit.
- Die Korrosionsrate und die Ablegierrate erhöht sich mit steigender Temperatur sehr stark. Der Verschleiß steigt überproportional.
- Bei einer SC Legierung verringert sich die Standzeit im Temperaturbereich zwischen 360°C und 410°C durchschnittlich um

230 Lötstellen / °C

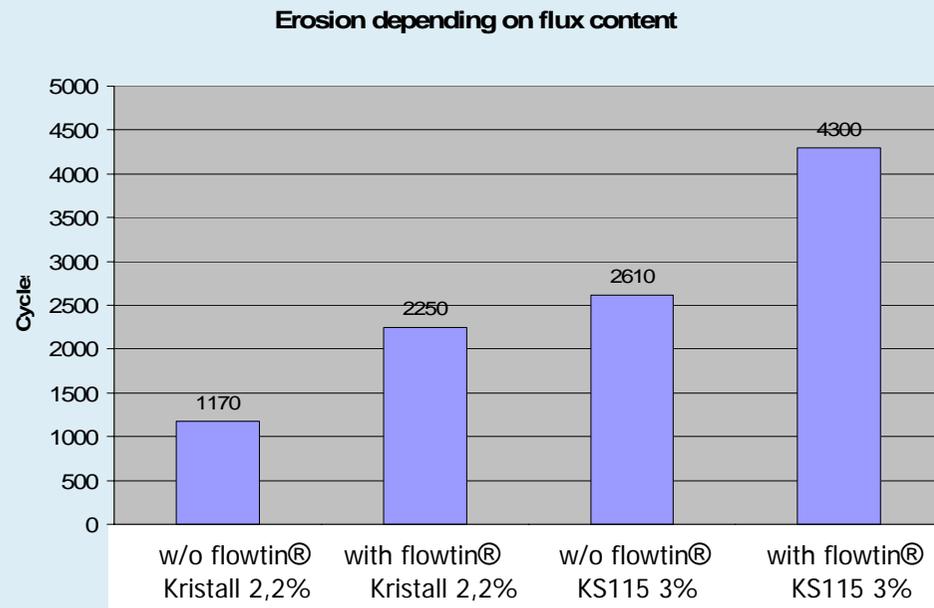
- ***Einfluss der Temperatur und Lotlegierung auf die Lötspitzenstandzeit***



- Der Temperatureinfluss auf die Lötspitzenstandzeit wirkt sich bei verschiedenen Legierungen unterschiedlich aus.
- Als Vergleich zur bereits getesteten SC-Legierung wurde eine SAC-Legierung herangezogen.
- Bei einer SAC Legierung verringert sich die Standzeit im Temperaturbereich zwischen 360°C und 410°C durchschnittlich um

470 Lötstellen / °C

- **Neue Lotlegierungen mit Mikro Additive**



Die Versuche wurden mit Stannol® Loten durchgeführt. Mikrolegierte Lote anderer Hersteller zeigen vergleichbare Ergebnisse

- Mikro Zusätze in der Lotlegierung verringern die Ablegerung des Eisens in das Zinn.
- Beim Ablegieren von Eisen wandert Eisen in das flüssige Zinn bis ein Sättigungszustand erreicht ist.
- Dieser Sättigungszustand kann durch geringe Legierungszusätze (z.B. Kobalt, Nickel, seltene Erden <500ppm) im Lötzinn reduziert werden, d.h. es geht weniger Eisen in Lösung, die Ablegerung verringert sich.
- Die Mikrolegierungszusätze verändern die physikalischen Eigenschaften der Legierung nicht.
- Kolophoniumhaltige Flussmittelkomponenten (Kristall) wirken korrosiver als halogenhaltige (KS115).

- ***Neue Flussmittel mit mehr Feststoffanteilen***



- Bleifreie Flussmittel, in erster Linie Flussmittel auf Harzbasis, beinhalten meistens einen höheren Feststoffgehalt.
- Der Feststoffgehalt des Flussmittels verursacht verkohlte Rückstände auf der Lötspitze die sich an der Oberfläche festfressen.
- Die Flussmittelrückstände sind aggressiv und verursachen Korrosion auch wenn sich der LötKolben in der Ablage befindet.
- Daher kommt der Reinigung der Lötspitze in bleifreier Umgebung große Bedeutung zu.

- **Reinigung der Lötspitze**



- Erhöhtes Oxidationsrisiko und Flussmittelrückstände erfordern eine Optimierung des Lötspitzenreinigung.
- Eine wesentliche Verbesserung wird hierbei durch die Trockenreinigung mit Metallwolle erreicht (**Weller WDC**).
- Verbleibende Zinnreste auf der Lötspitze durch die Trockenreinigung verhindern ein zu schnelles Oxidieren und das mechanische Abstreifen des Zinns entfernt gleichzeitig Flussmittelrückstände.
- Überschüssiges Zinn kann nach dem Lötvorgang an einer Silikonlippe leicht abgeklopft werden. Zusätzlich kann die Silikonlippe auch zum Abstreifen von Zinnresten vor dem Lötprozess benützt werden.

• **Zubehör zum bleifreien Löten**

- Schaltablage WDH10/20T zur Temperaturabsenkung wenn der LötKolben abgelegt ist.
WDC 2 Dry cleaner als Ergänzung für alle WDH Ablagen
- Vorheizplatte WHP3000 führt der Leiterplatte eine zusätzliche und gleichmäßige Wärmemenge zu und unterstützt somit den Handlötprozess.
- Tip Aktivator wird zur Reaktivierung oxidierteter Lötspitzen verwendet.
- Polierstein WPB1 entfernt Oxidschichten auf der Lötspitze (im kalten Zustand). Anschließende Reaktivierung der Lötspitze mit dem Tip Aktivator bei niedrigen Temperaturen



WDC



WDH10/20T



WHP3000



WP80



Tip Aktivator und WPB1

- ***Testergebnisse***

- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Eisenschichtdicke und Standzeit der Lötspitze
- Lötspitzen mit optimierter Eisenschichtdicke erhöhen die Standzeit der Lötspitze.
- Der Verschleiß der Lötspitze erhöht sich mit der Verwendung von bleifreiem Lot um das 4-5 fache.
- Die Abnutzung ist abhängig von der verwendeten Legierung und dem verwendeten Flussmittel.
- Die Temperatur ist ein wesentlicher Faktor für die Abnutzung der Lötspitze. Je höher die Temperatur desto höher ist die Abnutzung und das Oxidationsrisiko.

- Formel: Verschleißfaktor $V = 5$ (bleifrei) $\times 1,3$ (Legierung) $\times 2$ (Temperatur) = 13

- ***Hinweise zum Löten, so erzielen sie auch unter Bleifrei das Optimum***

- **Vermeiden sie Temperaturerhöhungen** bzw. Löttemperaturen über 385°C.
Der Verschleiß der Lötspitze erhöht sich drastisch, das Flussmittel verbrennt zu schnell und verursacht Flussmittelrückstände auf der Lötspitze.
Eine niedrigere Löttemperatur reduziert das Oxidationsrisiko und vermindert das Flussmittelspritzen.
- Mit dem Einsatz von **leistungsfähigen 80W Lötwerkzeugen** (Weller WSP80,WP80) mit optimalem Wärmeübertragungsverhalten können Temperaturerhöhungen vermieden werden.
- Verwendung der **größtmöglichen Lötspitzenform** um die Wärmeübertragung zu optimieren.
- Anwendung von **Trockenreinigung** (Weller WDC) hält die Lötspitze besser benetzungsfähig.
- Reinigung der Lötspitze vor der Lötprozess und nicht nach dem Lötprozess.
Vermeiden sie trockene, gereinigte Lötspitzen in der LötKolbenablage wenn das Lötwerkzeug nicht in Gebrauch ist.
- Verwenden sie **Funktionen zur Temperaturabsenkung** (Stand by, Auto off, Schaltablage) oder schalten sie ihr Lötwerkzeug ab bei längeren Lötpausen.
- **Regelmäßiges verzinnen der kompletten Benetzungszone** und/oder die Verwendung eines Tip Aktivator hält die Benetzung der Lötspitze aufrecht.
- Lötspitzenstandzeit kann erhöht werden durch **mikrolegierte Lote**

- ***Zusammenfassung***

Wie wir aus den Testergebnissen ersehen können, erhöht sich die Abnutzung der Lötspitze mit bleifreiem Lot sehr stark und eine Erhöhung der Eisenschichtdicke kann diese Erscheinung kompensieren. Aber mit der Erhöhung der Eisenschichtdicke erhalten wir gleichzeitig eine Reduzierung des Wärmeübertragungsverhalten. Mit dem Versuch dies mit einer Temperaturerhöhung zu kompensieren würde sich die Situation extrem verschlechtern.. Höhere Temperaturen erhöhen die Ablegierung der Lötspitze mit dem zusätzlichen Risiko der Oxidation die die Lötspitze unbenetzbar macht. Das Flussmittel verbrennt schneller und hinterlässt schwarze Rückstände auf der Lötspitze die sich festfressen. Die Erhöhung der Lötspitzentemperatur ist der verbreitetste Fehler der bei der Umstellung auf bleifreies Lot auftritt, da viele Kunden auch versuchen die Lötspitzentemperatur an die höheren Schmelztemperaturen von bleifreiem Lot anzupassen.

Niedrige Temperaturen (empfohlen 385°C) und eine gute Wärmeübertragung ist eine Grundvoraussetzung im Umgang mit bleifreiem Lot. Das bedeutet, die Verwendung der größtmöglichen Lötspitzenform und der Einsatz einer Meißelform anstatt einer konischen Form ist zu bevorzugen. Das verwendete Lötgerät ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil beim löten mit bleifreiem Lot. Verluste beim Wärmeübertragungsverhalten durch eine höhere Eisenschicht können mit einem leistungsfähigen 80W Lötwerkzeug ausgeglichen werden. Die patentierten 80W Weller Lötwerkzeuge erfüllen diese Forderungen durch ein optimales Regelverhalten, schnelle Aufheizzeiten und bestmöglicher Wärmeübertragung.